

## 明 細 書

## 熔融金属めっき浴用ロール

## 技術分野

- [0001] 本発明は、鋼板に亜鉛めっき等の金属めっきを施す浴中に浸漬して用いるシンクロールやサポートロール等のロールに関する。

## 背景技術

- [0002] 連続熔融亜鉛めっき装置は典型的には図7に示すような構造を有する。この連続熔融亜鉛めっき装置は、熔融亜鉛浴3を入れた浴槽4と、熔融亜鉛浴3の表層部分に浸漬されて、熔融亜鉛浴3内に導入される鋼板1の酸化を防止するためのスナウト2と、熔融亜鉛浴3中に配置されたシンクロール5と、熔融亜鉛浴3内でシンクロール5の上方に位置する一対のサポートロール6, 6と、熔融亜鉛浴3の表面より僅か上方に位置するガスワイピングノズル7とを具備する。シンクロール5自体には外部駆動力が付与されず、移動する鋼板1との接触により駆動される。またサポートロール6, 6は一方が外部のモーター(図示せず)に連結された駆動ロールであり、他方が非駆動ロールである。なおサポートロールには外部駆動力が付与されない無駆動タイプもある。シンクロール5及び一対のサポートロール6, 6はフレーム(図示せず)に取り付けられており、常に一体として熔融亜鉛浴3内に浸漬される。
- [0003] 鋼板1はスナウト2を経て熔融亜鉛浴3内に進入し、シンクロール5を経由して進行方向を変えられる。熔融亜鉛浴3中を上昇する鋼板1は一対のサポートロール6, 6に挟まれ、パスラインが保たれるとともに、反りや振動が防止される。ガスワイピングノズル7は、熔融亜鉛浴3から出てきた鋼板1に高速ガスを吹き付ける。高速ガスのガス圧及び吹き付け角度により、鋼板1に付着した熔融亜鉛の厚さを均一に調整する。このようにして、熔融亜鉛めっきが施された鋼板1'が得られる。
- [0004] 熔融金属めっき浴内で使用されるシンクロールやサポートロールは、熔融金属による著しい腐食環境下に曝されるので、従来から耐食性に優れたステンレス鋼やクロム系耐熱鋼等の鉄系材料により形成されてきた。しかしながら、これらのロールには、長時間の熔融金属浴中への浸漬により表面が侵食され、摩耗しやすくなるという欠点がある。

あった。そこで、耐食性、耐熱性及び耐摩耗性に優れたセラミックスにより、鋼板が接触するロール胴部を構成した熔融金属めっき浴用ロールが提案された。

- [0005] 特開平5-195178号は、熔融金属めっき浴中で鋼帯と接触して回転するサポートロールであって、鋼製中空ロールと、前記鋼製中空ロールの表面に溶射した酸化物又は炭化物を主成分とするセラミック皮膜とからなり、前記セラミック皮膜の表面に表面粗さRaが $1.0\sim 30\mu\text{m}$ のダルを形成したサポートロールを開示している。溶射セラミック皮膜を $1.0\sim 30\mu\text{m}$ の表面粗さRaとすると、ロールと鋼板との間の摩擦力が増大し、ロールの回転不良と、これに起因する鋼板の疵の発生を防止できる。しかしながら、鉄系材料製ロール母材の表面に、セラミックスを溶射しているため、母材とセラミック皮膜との熱膨張率の差によりセラミック皮膜にクラックが生じ、そこからロールは侵食され、著しく摩耗するという欠点があった。
- [0006] 摩耗が著しくなるとロールの真円度が維持できなくなり、ロール及び鋼板に振動が起こるために、均一なめっき厚の鋼板が得られなくなる。このため、従来は1～2週間の連続使用の後にめっき作業を中止し、摩耗したロールを交換する必要があった。これは、熔融金属めっきの生産性を著しく低下させるだけでなく、めっきコストの上昇を招く。
- [0007] 特開2001-89836号は、中空状のロール胴部及び軸部をそれぞれ窒化珪素系セラミックスで形成し、ロール胴部の両端部に軸部を嵌合又は螺合により接合した熔融金属めっき浴用ロールを開示している。このロールは全体がセラミックスにより形成されているため、耐食性、耐熱性及び耐摩耗性に優れている。
- [0008] また特開2001-89837号は、中空状のロール胴部及び軸部をそれぞれ窒化珪素系セラミックスで形成し、ロール胴部の両端部に軸部を嵌合又は螺合により接合し、軸部の外周に熔融金属を排出するための孔を形成した連続熔融金属めっき用ロールを開示している。
- [0009] さらに特開平2003-306752号は、中空状のロール胴部、軸部及び駆動クラッチ部をそれぞれセラミックスにより形成し、ロール胴部の内面と軸部の外面との間に隙間を有するようにロール胴部の両端部に軸部を嵌合し、さらに駆動側の軸部の外面と駆動クラッチ部の内面との間に隙間を有するように駆動側の軸部に駆動クラッチ部を嵌

合するとともに、それぞれの嵌合部をボルトやピン等の部材により固定した連続溶融金属めっき用ロールを開示している。

- [0010] しかしながら、特開2001-89836号、特開2001-89837号及び特開平2003-306752号で使用された窒化珪素系セラミックスはいずれも、例えば87重量%の $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$ と、5重量%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ と、3重量%の $\text{AlN}$ と、5重量%の $\text{Y}_2\text{O}_3$ とからなるサイアロンであり、その熱伝導率は高々17 W/(m・K)程度で、耐熱衝撃性が不十分であった。そのため、溶融金属浴に浸漬すると熱衝撃により破壊するおそれがあった。

### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0011] 従って本発明の目的は、使用時に熱衝撃による破壊が防止されるように高耐熱衝撃性を有するとともに、鋼板とのすべりを低減して鋼板の走行速度の変化に確実に追従し得る溶融金属めっき浴用の窒化珪素系セラミックスロールを提供することである。

#### 課題を解決するための手段

- [0012] すなわち、本発明の溶融金属めっき浴用ロールは、鋼板と接触する中空状胴部と、前記胴部に接合された軸部とからなり、少なくとも前記胴部が常温における熱伝導率が50 W/(m・K)以上の窒化珪素系セラミックスからなり、前記胴部の平均表面粗さRaが1〜20  $\mu\text{m}$ であることを特徴とする。
- [0013] 前記窒化珪素系セラミックスは窒化珪素を主成分とする焼結体であり、その焼結体中のアルミニウム含有量が0.2重量%以下であり、酸素含有量が5重量%以下であるのが好ましい。また前記窒化珪素系セラミックスは相対密度が98%以上であり、常温における4点曲げ強度が700 MPa以上であるのが好ましい。
- [0014] 前記窒化珪素系セラミックスの係数R[ $R = \sigma_c(1-\nu)/E\alpha$  ( $\sigma_c$ : 常温における4点曲げ強度(MPa)、 $\nu$ : 常温におけるポアソン比、E: 常温におけるヤング率(GPa)、 $\alpha$ : 常温から800°Cまでの平均熱膨張係数)で表わされる。]は600以上であるのが好ましい。
- [0015] 前記胴部の内面は両端側の大径域と中央の小径域とからなり、前記軸部は小径部とフランジ部と大径部とを有し、前記胴部の大径域に前記軸部の大径部が接合され

ているのが好ましい。

[0016] 前記軸部には前記大径部及び前記フランジ部を通る複数の長さ方向溝部が形成されており、前記軸部が前記胴部の両端部に接合された状態では、前記溝部は前記ロールの内部に連通する孔を形成しているのが好ましい。

[0017] 本発明の溶融金属めっき浴用ロールにおいては、前記胴部の内面の径域に前記軸部の径部が焼嵌めにより接合されているのが好ましい。前記胴部の径域と前記軸部の径部との焼嵌め率は0.01/1000～0.5/1000の範囲内であるのが好ましい。

[0018] 前記胴部の小径域の内径 $S_b$ と胴部の径域の内径 $S_a$ との比は0.9以上1.0未満であるのが好ましい。

[0019] ロール軸線方向に、前記胴部の径域は前記軸部の径部より長く、もって前記胴部の小径域の端部と前記軸部の内端との間に隙間があるのが好ましい。この隙間は前記胴部の小径域と前記軸部の径部の先端部との接触を避ける逃がし部として機能する。

[0020] 前記軸部の径部の実効長さ(焼嵌め長さ) $L_s$ と前記軸部の径部の外径 $D_L$ (焼嵌め径)との比は0.5～2.0であるのが好ましい。また前記胴部の外径 $S_{out}$ と前記軸部の小径部の外径 $D_s$ との比は2～10であるのが好ましい。

### 発明の効果

[0021] 本発明の溶融金属めっき浴用ロールは、高熱伝導率の窒化珪素系セラミックスにより形成されているので、実際の連続溶融金属めっきラインでロール表面と内部との伝熱が速く、熱応力によるクラックや破壊が起こりにくい。すなわち、本発明のロールは優れた耐熱衝撃性を有する。鋼板と接触して耐熱衝撃性が最も要求される胴部が少なくとも高熱伝導率の窒化珪素系セラミックスからなることが必要である。熱膨張率を完全に同じにするという目的で、胴部及び軸部の両者がともに高熱伝導率の窒化珪素系セラミックスからなるのが好ましい、使用条件等に応じて軸部は高熱伝導率の窒化珪素系セラミックス以外のセラミックスで形成してもよい。これに対して、特開2001-89836号、特開2001-89837号及び特開平2003-306752号に記載されているような従来の窒化珪素系セラミックスはいずれも常温における熱伝導率が高々17 W/(m・

K)程度であり、連続溶融金属めっきラインでの使用では耐熱衝撃性が不十分である。本発明に使用する窒化珪素系セラミックスが常温で50 W/(m・K)以上の熱伝導率を有するのは、不純物として存在するアルミニウム及び酸素の含有量を低減したためである。

[0022] 本発明の溶融金属めっき浴用ロールはまた胴部の大径域と軸部の大径部とが焼嵌めにより接合されているので、溶融金属めっき浴中に長時間浸漬されていても、胴部から軸部が脱離することがなく、長時間の連続溶融金属めっきを行うことができる。また、胴部と軸部を螺合する場合のような煩雑な螺子加工も不要となり組立てが容易となり、製作コストも低減できる。

[0023] さらに、ロールの胴部と軸部との間にロール内部に連通する複数の孔を有するので、ロールを溶融金属めっき浴に浸漬するときに溶融金属がロール内に素早く進入し、ロール内外の温度差を小さくすることにより熱衝撃をさらに抑えけるとともに、ロールを溶融金属めっき浴から取り出すときにロール内から溶融金属を素早く排出することができる。胴部の小径域の内径が大径域の内径より十分に小さいので、ロール内の溶融金属が複数の孔の方向へ円滑に流れやすくなり、複数の孔より素早く排出することができる。

#### 図面の簡単な説明

[0024] [図1(a)]本発明の一実施態様による溶融金属めっき浴用ロールを示す断面図である。

[図1(b)]図1(a)のロールの左半分を示す部分断面分解図である。

[図2]図1(a)におけるA-A端面図である。

[図3]図1(a)に示すロールの右側面図である。

[図4]図1(a)に示すロールの左右の軸部に形成された複数の溝部の位置関係を示す図である。

[図5]図1(a)に示すロールにおける焼嵌め部を示す部分拡大断面図である。

[図6]回転曲げ疲労試験用スリーブ組立体を示す断面図である。

[図7]連続溶融亜鉛めっき装置を示す概略図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

## [0025] [1] 窒化珪素系セラミックス

本発明のロールの少なくとも胴部は高熱伝導率の窒化珪素系セラミックスにより形成する。窒化珪素系セラミックス自体は特開2001-335368号に記載のものと同一でよい。

[0026] 窒化珪素系セラミックス中に存在するアルミニウム及び酸素はフォノン散乱源となり、熱伝導率を低減させる。窒化珪素系セラミックスは、窒化珪素粒子とその周囲の粒界相とから構成され、アルミニウム及び酸素はこれらの相に含有される。アルミニウムは珪素に近いイオン半径を有するため、窒化珪素粒子内に容易に固溶する。アルミニウムの固溶により窒化珪素粒子自身の熱伝導率が低下し、窒化珪素系セラミックスの熱伝導率は著しく低下する。従って、窒化珪素系セラミックス中におけるアルミニウムの含有量はできるだけ少なくしなければならない。

[0027] 焼結助剤として添加する酸化物中の酸素の多くは粒界相に存在する。窒化珪素系セラミックスの高熱伝導率化を達成するには、窒化珪素粒子に比べて熱伝導率が低い粒界相の量を低減することが必要である。焼結助剤の添加量の下限は、85%以上の相対密度を有する焼結体を得られる量である。焼結助剤の添加量をこの範囲内でできるだけ少なくすることにより、粒界相中の酸素量を低減させる必要がある。

[0028] 酸素量の少ない窒化珪素粉末を原料とすると、粒界相中の酸素量が低減できるために粒界相の量自体を低減でき、焼結体の高熱伝導率化が達成されるが、焼結過程で生成する $\text{SiO}_2$ の量の減少により難焼結性となる。ところが、他の酸化物より焼結性に優れた $\text{MgO}$ を焼結助剤として用いると、焼結助剤の添加量を少なくして、緻密な焼結体を得ることができる。その結果、焼結体の熱伝導率は飛躍的に高くなる。

[0029] マグネシウムとともに添加し得る焼結助剤としては、Y、La、Ce、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu等の周期律表第3a族元素(IIIA)が挙げられる。なかでも、焼結温度及び圧力が高くなり過ぎないという点で、Y、La、Ce、Gd、Dy、Ybが好ましい。

[0030] 本発明に使用する窒化珪素系セラミックスの常温における熱伝導率は $50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上であり、より好ましくは $60 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上である。従って、窒化珪素系セラミックス中の酸素含有量は、 $50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上の熱伝導率を得るには5重量%以下であり、60

W/(m・K)以上の熱伝導率を得るには3重量%以下である。また窒化珪素粒子中の酸素含有量は、50 W/(m・K)以上の熱伝導率を得るには2.5重量%以下であり、60 W/(m・K)以上の熱伝導率を得るには1.5重量%以下である。さらに窒化珪素系セラミックス中のアルミニウムの含有量は、50 W/(m・K)以上の熱伝導率を得るには0.2重量%以下であり、60 W/(m・K)以上の熱伝導率を得るには0.1重量%以下である。

- [0031] 窒化珪素系セラミックス中のマグネシウム(MgO換算)と周期律表第3a族元素(IIIA)(酸化物( $\text{IIIA}_2\text{O}_3$ )換算)の合計量は0.6〜7重量%であるのが好ましい。その合計量が0.6重量%未満では、焼結体の相対密度が95%未満と不十分である。一方7重量%を超えると、熱伝導率の低い粒界相の量が過剰となり、焼結体の熱伝導率が50 W/(m・K)未満となる。 $\text{MgO} + \text{IIIA}_2\text{O}_3$ は0.6〜4重量%であるのがより好ましい。
- [0032]  $\text{MgO} / \text{IIIA}_2\text{O}_3$ の重量比は1〜70が好ましく、1〜10がより好ましく、1〜5が最も好ましい。 $\text{MgO} / \text{IIIA}_2\text{O}_3$ が1未満では、粒界相中の希土類酸化物の割合が多すぎるため、難焼結性となり緻密な焼結体を得られない。また $\text{MgO} / \text{IIIA}_2\text{O}_3$ が70を超えると焼結時におけるMgの拡散を抑制できず、焼結体表面に色むらが生じる。 $\text{MgO} / \text{IIIA}_2\text{O}_3$ が1〜70の範囲にあると、1650〜1850℃での焼結により高熱伝導率化が著しい。焼結体を1800〜2000℃で熱処理すると、さらに高熱伝導率化される。熱処理による高熱伝導率化は、窒化珪素粒子の成長と蒸気圧の高いMgOの揮発による。
- [0033] 窒化珪素粒子中のアルミニウム、マグネシウム及び周期律表第3a族元素(IIIA)の合計量は1.0重量%以下であるのが好ましい。
- [0034] 窒化珪素系焼結体中の $\beta$ 型窒化珪素粒子のうち、短軸径が5  $\mu\text{m}$ 以上の $\beta$ 型窒化珪素粒子の割合が10体積%超では、焼結体の熱伝導率は向上するが、組織中に導入された粗大粒子が破壊の起点として作用するため破壊強度が著しく低下し、700 MPa以上の曲げ強度が得られない。従って、窒化珪素系焼結体中の $\beta$ 型窒化珪素粒子のうち、短軸径が5  $\mu\text{m}$ 以上の $\beta$ 型窒化珪素粒子の割合は10体積%以下であるのが好ましい。同様に、組織中に導入された粗大粒子が破壊の起点として作用することを抑えるために、 $\beta$ 型窒化珪素粒子のアスペクト比は15以下であるのが好ましい。
- [0035] 少なくともロール胴部を形成する窒化珪素系セラミックスは、急激な温度変化に対し

て十分な抵抗力を有する必要がある。急激な温度変化に対する抵抗力は下記式(1):

$$R = \sigma_c(1-\nu)/E\alpha \cdots (1)$$

(但し、 $\sigma_c$ : 常温における4点曲げ強度 (MPa)、 $\nu$ : 常温におけるポアソン比、 $E$ : 常温におけるヤング率 (GPa)、 $\alpha$ : 常温から800°Cまでの平均熱膨張係数)

により表される係数で表される。係数Rは600以上であるのが好ましく、700以上であるのがより好ましい。係数Rが600未満であるとロールが破壊するおそれがある。係数Rは、ロールから切り出した試験片に対して測定した常温における4点曲げ強度  $\sigma_c$  (MPa)、常温におけるポアソン比  $\nu$ 、常温におけるヤング率  $E$  (GPa) 及び常温から800°Cまでの平均熱膨張係数  $\alpha$  から求める。常温における4点曲げ強度は破壊強度と言うこともできる。

[0036] [2] ロール

(1) 構造

図1(a) は本発明の一実施態様による溶融金属めっき浴用ロールの断面形状を示し、図1(b) は一方の軸部が胴部から抜けた状態のロールを示す。このロールは図7に示す溶融金属めっき浴中でサポートロール6として使用される。ロール6は、中空円筒状の胴部10、胴部10の各端部に焼嵌めにより接合される軸部20、21、及び各軸部20、21の蓋状スラスト受け部材22、23から構成される。スラスト受け部材22、23は、サポートロール6の回転中に軸受(図示せず)と接触してスラスト力を受けるので、それらの先端部はスラスト力を緩和するために緩やかな曲面である。

[0037] 胴部10は、両端側の大径域10a、10aと、それより肉厚の中央の小径域10bとからなる内面を有する一体的な中空円筒体である。また軸部20は、小径部20aと、緩やかに拡張するフランジ部20bと、大径部20cとを有する一体的な中空円筒体である。小径部20aの開口端には蓋状スラスト受け部材22が嵌合している。軸部21も同じ構造を有する。

[0038] サポートロール6を溶融金属浴中に浸漬するとき溶融金属がロール6内に進入して、ロール6内外の温度差が速やかになくなるとともに、溶融金属浴から取り出すときも溶融金属がロール6から速やかに排出されるために、胴部10と軸部20、21との間にはそれぞれ隙間がなくてはならない。そのため、各軸部20、21には長さ方向溝部25、26

が形成されており、各溝部25, 26は軸部20, 21が胴部10に接合されると孔25a, 26aとなる。

[0039] 軸部20, 21は同じ溝部25, 26を有するので、軸部20の溝部25についてのみ説明する。図1(a)、図1(b)及び図4に示すように、軸部20のフランジ部20b及び大径部20cの外周面には、6本の長さ方向溝部25が円周方向に均等な間隔で形成されている。溝部25の本数は限定的ではなく、例えば4本でも8本でも良い。溝部25の断面形状(幅、深さ等)は、焼嵌め時の大径部20cの強度、熔融金属の流通のし易さ等を考慮して決定する。

[0040] 図4は左右のフランジ部20b, 21bにおける溝部25, 26の配置関係を示す。溝部25と溝部26とは30°ずれた円周方向位置にある。すなわち溝部25, 26は軸線方向に見たとき千鳥状の配置にある。そのため、サポートロール6を浴槽の外から熔融亜鉛浴内に浸漬させると、サポートロール6がいかなる回転位置にあっても、熔融金属は孔25a, 26aのいずれか1つに素早く入ることができる。またサポートロール6の回転中も、熔融金属は孔25a, 26aのいずれか1つに素早く入ることができる。サポートロール6を熔融亜鉛浴内から浴槽の外へ取り出す際にも、サポートロール6がいかなる回転位置にあっても、熔融金属は孔25a, 26aのいずれか1つから素早く排出できる。

[0041] 図5は胴部10と軸部20との焼嵌め部を拡大して示す。軸部20, 21の大径部20c, 21cの内端が胴部10の小径域10bの端部に接触することにより破損することがないように、胴部10の大径域10a(長さ $L_B$ )を各軸部20, 21の大径部20c, 21c(長さ $L_S$ )より長くする。これにより、胴部10の小径域10bの内端と各軸部20, 21の内端との間に隙間Gが形成される。隙間Gにより、加工公差があっても、大径部20c, 21cの内端が小径域10bの内端に接触することはない。小径域10bと大径域10aをスムーズに連結するために、隙間Gに面する小径域10bの両端部には緩やかな曲率面又はテーパ面10b'が形成されている。隙間Gの長さTは焼嵌め長さ $L_S$ の5%以上であるのが好ましく、5〜20%であるのがより好ましい。セラミックス製の胴部及び軸部のうち接触部の角部は、破損を防止するために、緩やかな曲率面又はテーパ面を有するのが望ましい。

[0042] 胴部10の小径域10bの内径 $S_b$ と胴部10の大径域10aの内径 $S_a$ との比は0.9以上1.0未満であるのが好ましい。 $S_b/S_a$ が0.9以上1.0未満の範囲内であると、サポートロール

6を熔融金属めっき浴から取り出すときに、ロール6内の熔融金属は孔25a, 26aから容易に排出される。Sb/Saのより好ましい範囲は0.9〜0.95である。

[0043] 焼嵌め部の破損を防止するために、各軸部20, 21の大径部20c, 21cの実効長さ(焼嵌め長さ) $L_s$ と外径 $D_L$ との比は0.5〜2.0であるのが好ましい。 $L_s/D_L$ が0.5未満では、焼嵌めによる締付け力が不十分であり、軸部20, 21が抜けやすい。また $L_s/D_L$ が2.0を超えると、各軸部20, 21の円筒精度が出にくく、焼嵌め作業が困難になるとともに、ロールの使用時に胴部10と軸部20, 21の焼嵌め部にかかる曲げモーメントが大きくなり、焼嵌め部が破損しやすくなる。より好ましい $L_s/D_L$ は0.8〜1.3である。

[0044] 胴部10の外径 $S_{out}$ と各軸部20, 21の小径部20a, 21aの外径 $D_s$ との比は2〜10であるのが好ましい。 $S_{out}/D_s$ が2〜10の範囲内であると、鋼板1の搬送に伴う応力が軸部20, 21にかかっても、軸部20, 21が破損することなくロールは鋼板1に追従して回転できる。 $S_{out}/D_s$ が2未満では、軸部20, 21と軸受との摩擦抵抗が大きくなり、回転し難くなる。一方、 $S_{out}/D_s$ が10を超えると、ロール軸部20, 21のネック部に過大な曲げ応力がかかり、折損しやすくなる。サポートロールの場合、 $S_{out}/D_s$ は2〜4が望ましい。シンクロールの場合、 $S_{out}/D_s$ は6〜10が望ましい。

[0045] (2) 焼嵌め

本発明では、軸部20, 21の胴部10への接合を焼嵌めにより行うのが好ましい。胴部10と軸部20, 21との焼嵌め率は0.01/1000〜0.5/1000の範囲内であるのが好ましい。焼嵌め率が0.01/1000未満であると、胴部10による軸部20, 21への締付け力が不十分であり、軸部20, 21が胴部10から抜けたり滑ったりするおそれがある。また焼嵌め率が0.5/1000を超えると、焼嵌めによる締付け力が大きくなりすぎ、胴部10又は軸部20, 21が破損するおそれがある。より好ましい焼嵌め率は0.2/1000〜0.3/1000である。

[0046] (3) 表面粗さ

熔融金属めっき浴中で鋼板と接触するロール胴部10は1〜20  $\mu\text{m}$ の算術平均表面粗さRaを有する必要がある。胴部10の表面粗さを均一にするには、ロール胴部10の表面を直径10〜500  $\mu\text{m}$ の鋼球やセラミックス粒子(炭化珪素粒子、アルミナ粒子等)でサンドブラスト又はショットピーニングするのが好ましい。1〜20  $\mu\text{m}$ の算術平均粗さ

Raを有する胴部10は鋼板との摩擦力が大きく(鋼板との滑りがなく)、鋼板の走行速度の変化に確実に追従できる。平均表面粗さRaが $1\mu\text{m}$ 未満ではロールの追従性が不十分である。しかし平均表面粗さRaが $20\mu\text{m}$ を超えると、めっき鋼板にロール胴部10の表面凹凸が転写されるので好ましくない。よりロール胴部10の平均表面粗さRaは好ましくは $2\sim 10\mu\text{m}$ であり、より好ましくは $3\sim 5\mu\text{m}$ である。

[0047] 本発明を以下の実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0048] 参考例1

平均粒径 $0.5\mu\text{m}$ の窒化珪素粉末94.0重量%に、焼結助剤として、平均粒径 $0.2\mu\text{m}$ の酸化マグネシウム粉末を3.0重量%、平均粒径 $2.0\mu\text{m}$ の酸化イットリウム粉末を3.0重量%添加し、適量の分散剤を加えてエタノール中で粉砕、混合した。得られた粉末混合物を造粒した後、ゴム型に充填して冷間静水圧プレス(CIP)し、得られた成形体を $1950^{\circ}\text{C}$ 、60気圧の窒素ガス雰囲気中で5時間焼結した。

[0049] 得られた窒化珪素系焼結体中の酸素含有量は赤外線吸収法により測定した。また窒化珪素系焼結体中のアルミニウム含有量は誘導プラズマ発光分析法(ICP法)により測定した。

[0050] 窒化珪素系焼結体中の窒化珪素粒子の割合(体積%)は、フッ化水素酸で粒界相をエッチング除去した後の窒化珪素系焼結体のSEM写真を撮り、SEM写真中の窒化珪素粒子の面積割合(体積%に相当)を測定することにより求めた。また窒化珪素粒子中の酸素含有量は赤外線吸収法により測定した。さらに $\beta$ 型窒化珪素粒子のうち、短軸径が $5\mu\text{m}$ 以上の $\beta$ 型窒化珪素粒子の割合を画像解析装置により測定した。

[0051] 得られた焼結体から、直径 $10\text{mm}$ ×厚さ $3\text{mm}$ の熱伝導率及び密度測定用の試験片、及び縦 $3\text{mm}$ ×横 $4\text{mm}$ ×長さ $40\text{mm}$ の4点曲げ試験用の試験片を切り出した。熱伝導率は、レーザーフラッシュ法JIS R1611に準拠して常温で測定した比熱及び熱拡散率から算出した。相対密度は、JIS R2205に準拠したアルキメデス法により実測した密度を理論密度で割ることにより求めた。4点曲げ強度は常温でJIS R1601に準拠して測定した。

[0052] さらに焼結体から試験片を切り出し、常温から800℃までの平均熱膨張係数、常温におけるポアソン比、及びヤング率の測定を行った。以上の測定の結果を表1に示す。

[0053] 比較参考例1

平均粒径1.0  $\mu\text{m}$ の窒化珪素粉末88.0重量%に、焼結助剤として、平均粒径0.5  $\mu\text{m}$ のアルミナ粉末を5.0重量%、平均粒径0.8  $\mu\text{m}$ の酸化イットリウム粉末を7.0重量%添加し、適量の分散剤を加えてエタノール中で粉砕、混合した。得られた粉末混合物を造粒した後、ゴム型に充填して冷間静水圧プレス(CIP)し、得られた成形体を1800℃、1気圧の窒素ガス雰囲気中で5時間焼結した。得られた窒化珪素系焼結体に対して、参考例1と同じ測定を行った。測定結果を表1に示す。

[0054] [表1]

例 No.	参考例 1	比較参考例 1
焼結体中の酸素含有量 (重量%)	0.1	5.2
焼結体中のアルミニウム含有量 (重量%)	0.01	4.2
短軸径が 5 $\mu\text{m}$ 以上の B 型窒化珪素粒子の割合 (体積%)	2	17
窒化珪素粒子中の酸素含有量 (重量%)	0.08	3.0
常温における熱伝導率 (W/m·K)	68	18
相対密度 (%)	99.2	99.1
4 点曲げ強度 (MPa)	928	690
ポアソン比	0.3	0.3
ヤング率 (GPa)	300	300
常温から 800℃までの平均熱膨張係数 ( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	3.0	3.0
係数 R	721	536

実施例1

参考例1と同じ窒化珪素系セラミックスを用いて、図1(a)に示す形状のサポートローラ6の胴部10及び軸部20, 21を以下の手順で作製した。胴部10は、外径250 mm、内

径200 mm(小径域10bの内径に相当する)及び長さ1800 mmの中空円筒状焼結体からなり、胴部10の内面に各端面から奥行き250 mmの範囲に焼嵌め部となる大径域10a(内径210 mm)を機械加工により形成した。胴部10の小径域10bの端部10b'を曲面状とした。胴部10の表面に対しては、200  $\mu$  mの炭化珪素粒子により4  $\mu$  mの算術平均粗さRaにサンドブラスト処理を施した。

- [0055] サンドブラスト処理を施さない以外同じ方法により軸部20, 21を作製した。各軸部20, 21の小径部20a, 21aは外径90 mm、内径50 mm及び長さ200 mmであり、フランジ部20b, 21bは外径230 mm及び長さ50 mmであり、大径部20c, 21cは外径210 mm、内径160 mm及び長さ250 mmであった。ただし、胴部10の大径域10aの内径より軸部20, 21の大径部20c, 21cの外径を僅かに(約40  $\mu$  m)大きくした。軸部20の全長は500 mmであった。大径部20c, 21cの外周には円周方向に均等に6本の半円筒状の長さ方向溝部25(幅20 mm、深さ10 mm)を形成した。従って、フランジ部20b, 21bにおける溝部25の深さは20 mmであった。スラスト受け部材22, 23をそれぞれロール軸部20, 21の外端部に嵌め込んだ。
- [0056] 胴部10の両端部の大径域10aに軸部20, 21の大径部20c, 21cをそれぞれ焼嵌めにより接合した。焼嵌め率は0.2/1000であった。図5に示すように、小径域10bの端部と各軸部20, 21の内端との間の隙間Gの長さTは25 mmであった。
- [0057] このロールを図7に示す連続溶融亜鉛めっき装置にサポートロール6として使用し、板厚が2 mm、板幅が1300 mmのSUS300系ステンレス鋼板の亜鉛めっき処理を行った。約1ヶ月の連続使用後でも、このサポートロール6には侵食及び摩耗がほとんど見られなかった。またロールに亀裂は全く見られず、耐熱衝撃性に優れていることが確認できた。これは、ロールを形成する窒化珪素系セラミックスが50 W/(m $\cdot$ K)以上の高熱伝導率を有するためであると考えられる。また4  $\mu$  mの算術平均粗さRaにより、サポートロール6は鋼板の走行速度の変化に良好に追従し、めっき表面に疵がない高品質な亜鉛めっき鋼板が得られた。

[0058] 比較例1

比較参考例1と同じ窒化珪素系セラミックスを用いて、図1(a)に示す形状のサポートロール6の胴部10及び軸部20, 21を同じ手順で作製した。このサポートロール6を用

いて、実施例1と同様に亜鉛めっき処理を行った。その結果、このサポートロール6は、耐食性及び耐摩耗性は良好であったが、係数Rが600未満で、熱伝導率が50 W/(m・K)未満であるために、使用を開始してまもなくロール表面に亀裂が発生した。

[0059] 実施例2

胴部10と軸部20, 21との焼嵌め部がロール6の回転曲げにより破損したり抜けたりするかを調べるために、JIS Z 2273に準拠した回転曲げ疲労試験を行った。回転曲げ疲労試験では、図6に示すようにロール胴部10を模した長さ50 mm、外径25 mmのスリーブ31に、ロール軸部20, 21を模した長さ95 mm、外径15 mmの円柱体32, 33を0.2/1000の焼嵌め率で焼嵌めた回転曲げ疲労試験用スリーブ組立体30を使用し、スリーブ組立体30に曲げ応力を付与しながら回転させ、圧縮応力と引張り応力を交互に付与した。

[0060] 荷重付加条件は、全ての荷重がスリーブ31と円柱体32, 33との焼嵌め部にかかるように調整した。実機の荷重条件と合わせるため、焼嵌め部が受ける面圧を2 kgf/mm<sup>2</sup>とした。この条件で、室温の大気中で3400 rpmでスリーブ組立体30を回転させ、スリーブ31及び円柱体32, 33の破損や、スリーブ31からの円柱体32, 33の抜け具合を評価した。

[0061] その結果、ロール胴部とロール軸部の焼嵌め部の破損や、ロール胴部からロール軸部の抜けが起こらない条件として、焼嵌め長さ／焼嵌め直径(ロール軸部の大径部の実効長さ $L_s$ ／ロール軸部の大径部の外径 $D_L$ )が0.5～2.0であるのが好ましいことが分かった。

[0062] 実施例3

熔融金属めっき浴用ロールは鋼板と接して鋼板と同一速度で回転する必要がある。ので、鋼板の走行速度の変化に追従できるようにできるだけ回転し易いことが望まれる。そこで、回転運動の変化を妨げる働きをもつ物理量である慣性モーメント $GD^2$ (Gは重量、 $D^2$ は回転直径の2乗)に着目した。その結果、図1(a)に示す胴部10の外径 $S_{out}$ と軸部20, 21の小径部20a, 21aの外径 $D_s$ との比( $S_{out}/D_s$ )が2～10の範囲内であると、 $GD^2$ が小さく、ロールは回転し易いことが分かった。

[0063] 以上サポートロールについて述べたが、本発明はシンクロール等の各種の熔融金

属めっき浴用ロールにも適用できることは言うまでもない。

### 産業上の利用可能性

[0064] 本発明の溶融金属めっき浴用ロールは、高い熱伝導率を有する窒化珪素系セラミックスにより形成されているので、溶融金属めっき浴への出し入れの際にかかる熱応力が小さく、優れた耐熱衝撃性を発揮する。またロール胴部の平均表面粗さRaが1〜20  $\mu$ mであるので、鋼板の走行速度の変化に良好に追従し、めっき表面の疵の発生を十分に抑えることができる。さらに胴部に軸部を焼嵌め接合することにより、長時間溶融金属めっき浴中に浸漬していても、軸部が胴部から脱落することがない。このような特徴を有する本発明の溶融金属めっき浴用ロールを使用すると、高品質なめっき鋼板を安定して生産できる。

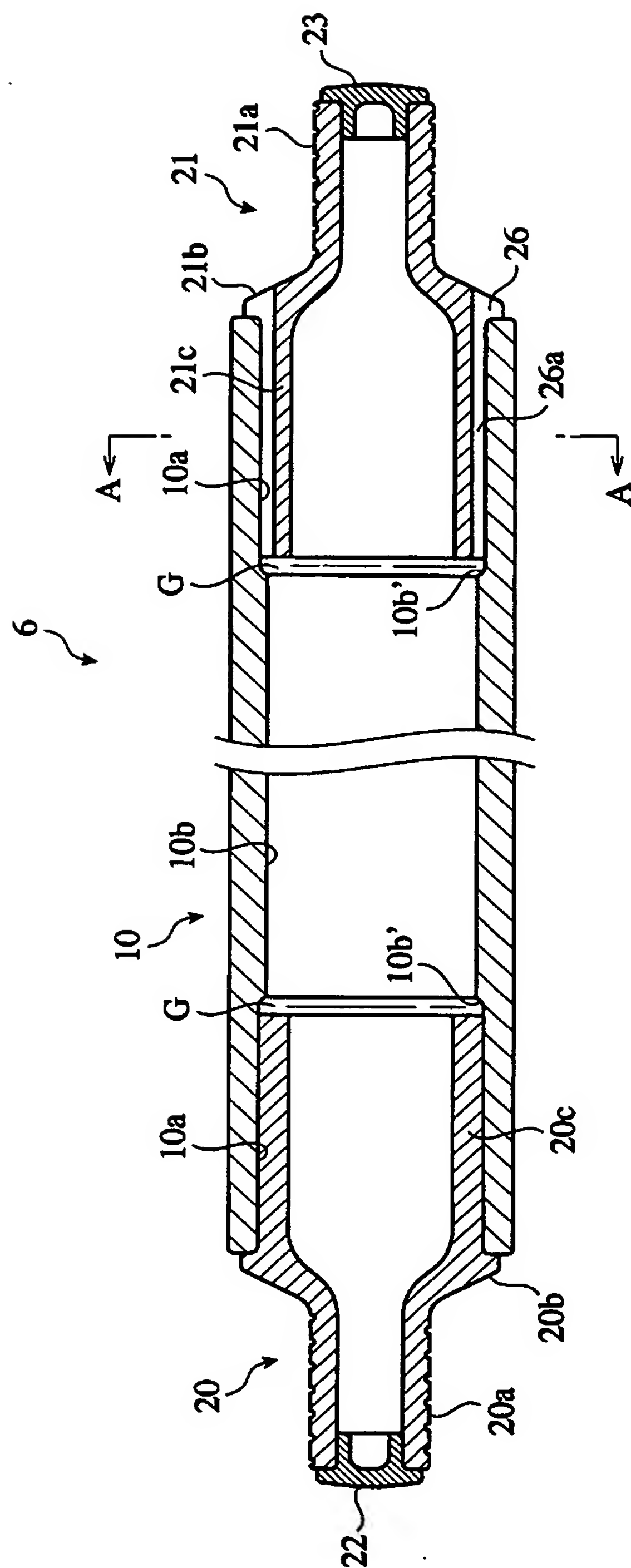
## 請求の範囲

- [1] 鋼板と接触する中空状胴部と、前記胴部に接合された軸部とからなる溶融金属めっき浴用ロールであって、少なくとも前記胴部が常温における熱伝導率が $50 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上の窒化珪素系セラミックスからなり、前記胴部の平均表面粗さ $R_a$ が $1\sim 20 \mu\text{m}$ であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [2] 請求項1に記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記窒化珪素系セラミックスはアルミニウム含有量が0.2重量%以下であり、酸素含有量が5重量%以下であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [3] 請求項1又は2に記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記窒化珪素系セラミックスは相対密度が98%以上であり、常温における4点曲げ強度が $700 \text{ MPa}$ 以上であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [4] 請求項1～3のいずれかに記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記窒化珪素系セラミックスの係数 $R[R = \sigma_c(1-\nu)/E\alpha]$  ( $\sigma_c$ : 常温における4点曲げ強度 (MPa)、 $\nu$ : 常温におけるポアソン比、 $E$ : 常温におけるヤング率 (GPa)、 $\alpha$ : 常温から $800^\circ\text{C}$ までの平均熱膨張係数) で表わされる。) が600以上であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [5] 請求項1～4のいずれかに記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記胴部の内面は両端側の大径域と中央の小径域とからなり、前記軸部は小径部とフランジ部と大径部とを有し、前記胴部の大径域に前記軸部の大径部が接合されていることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [6] 請求項5に記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記軸部には前記大径部及び前記フランジ部を通る複数の長さ方向溝部が形成されており、前記軸部が前記胴部の両端部に接合された状態では、前記溝部は前記ロールの内部に連通する孔を形成していることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [7] 請求項5又は6に記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記胴部の大径域に前記軸部の大径部が焼嵌めにより接合されていることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [8] 請求項7に記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記胴部の大径域と前記軸

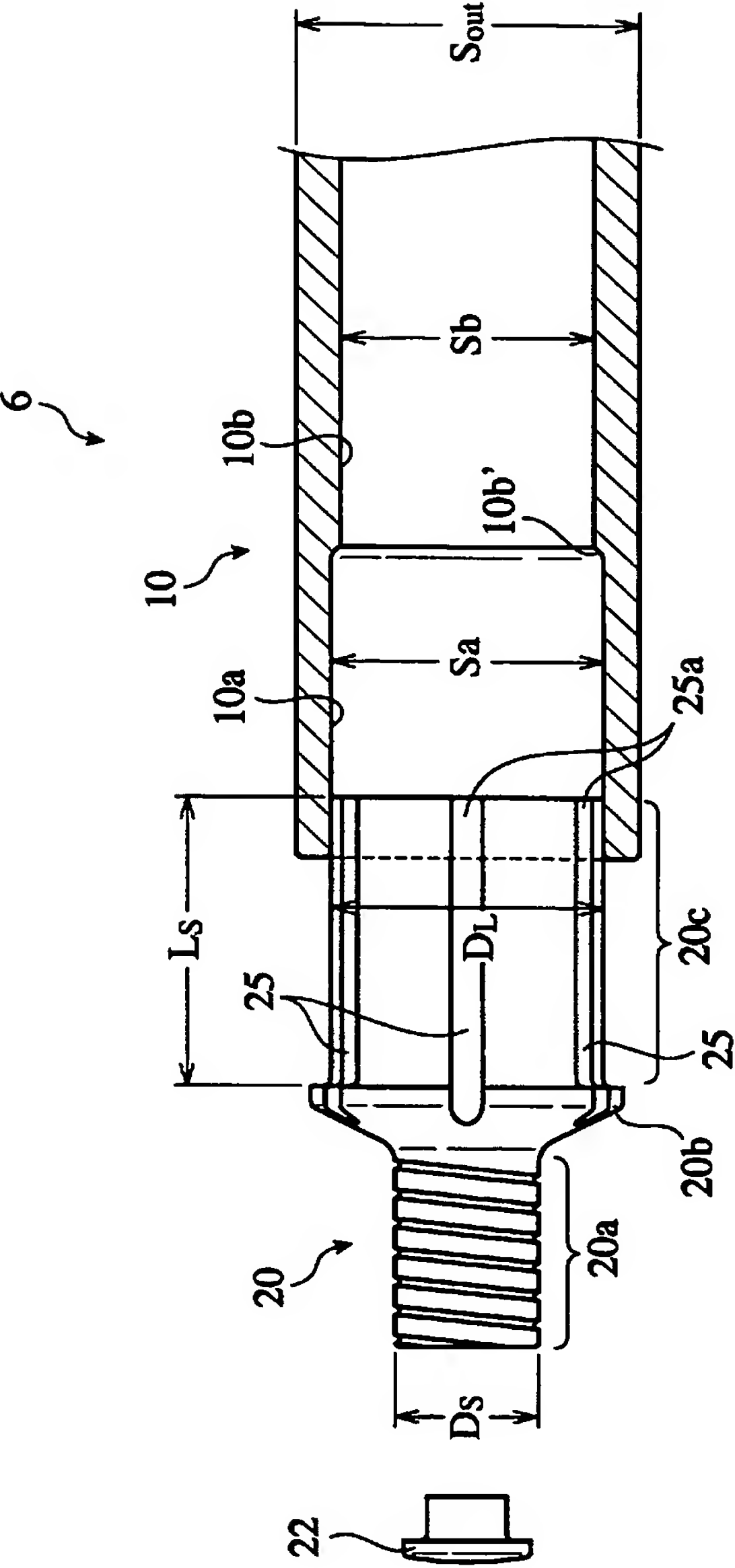
部の大径部との焼嵌め率が0.01/1000～0.5/1000の範囲内であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。

- [9] 請求項7又は8に記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記胴部の小径域の内径 $S_b$ と胴部の大径域の内径 $S_a$ との比が0.9以上1.0未満であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [10] 請求項7～9のいずれかに記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記胴部の大径域は前記軸部の大径部より長く、もって前記胴部の小径域の端部と前記軸部の内端との間に隙間があることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [11] 請求項7～10のいずれかに記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記軸部の大径部の実効長さ $L_s$ と外径 $D_L$ との比が0.5～2.0であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。
- [12] 請求項7～11のいずれかに記載の溶融金属めっき浴用ロールにおいて、前記胴部の外径 $S_{out}$ と前記軸部の小径部の外径 $D_s$ との比が2～10であることを特徴とする溶融金属めっき浴用ロール。

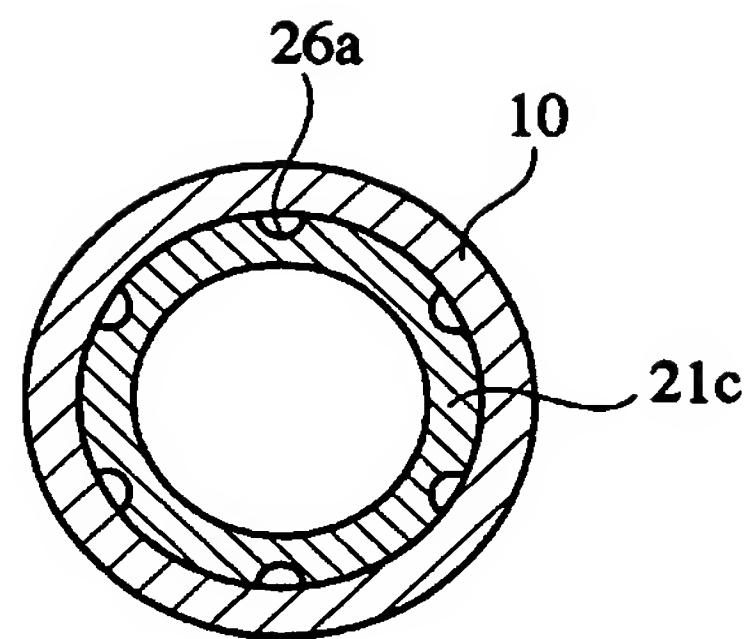
[図1(a)]



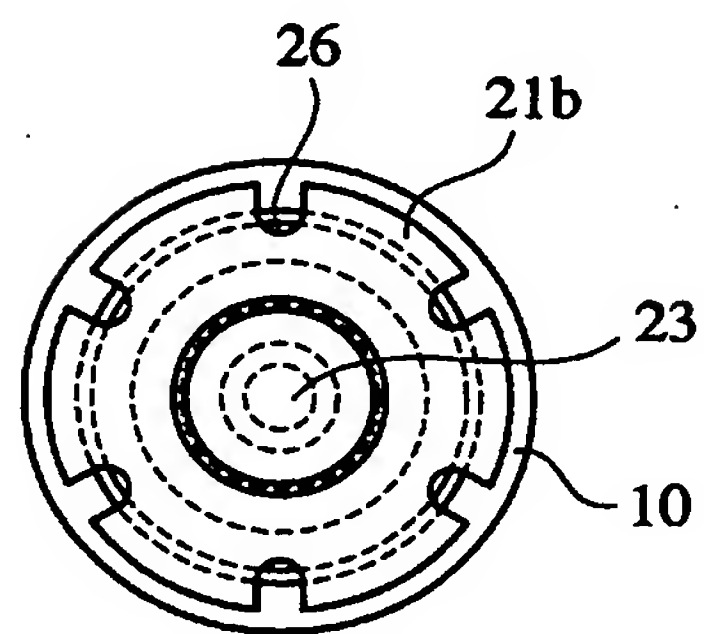
[図1(b)]



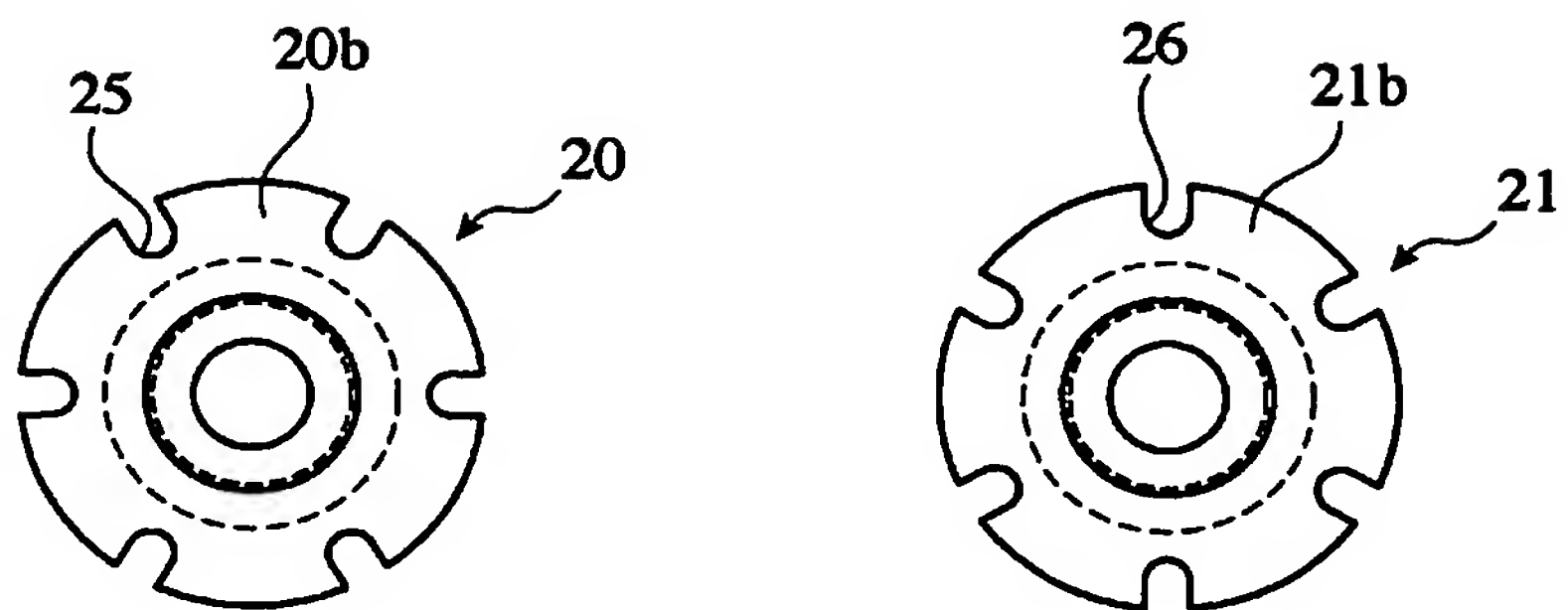
[図2]



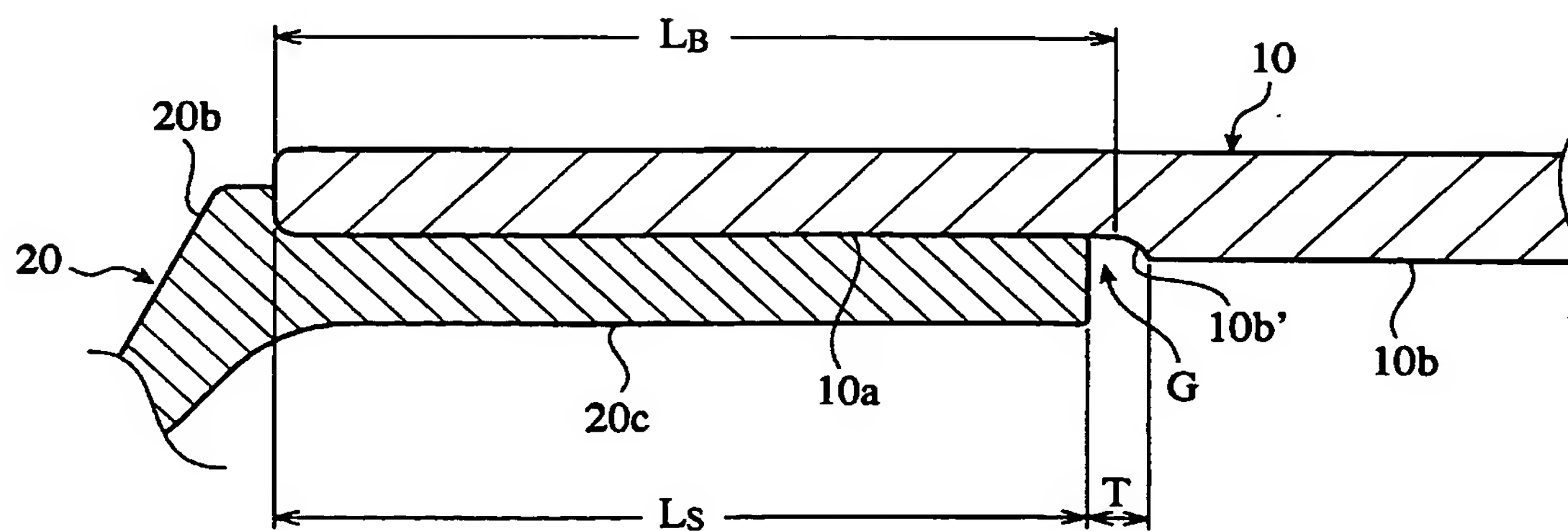
[図3]



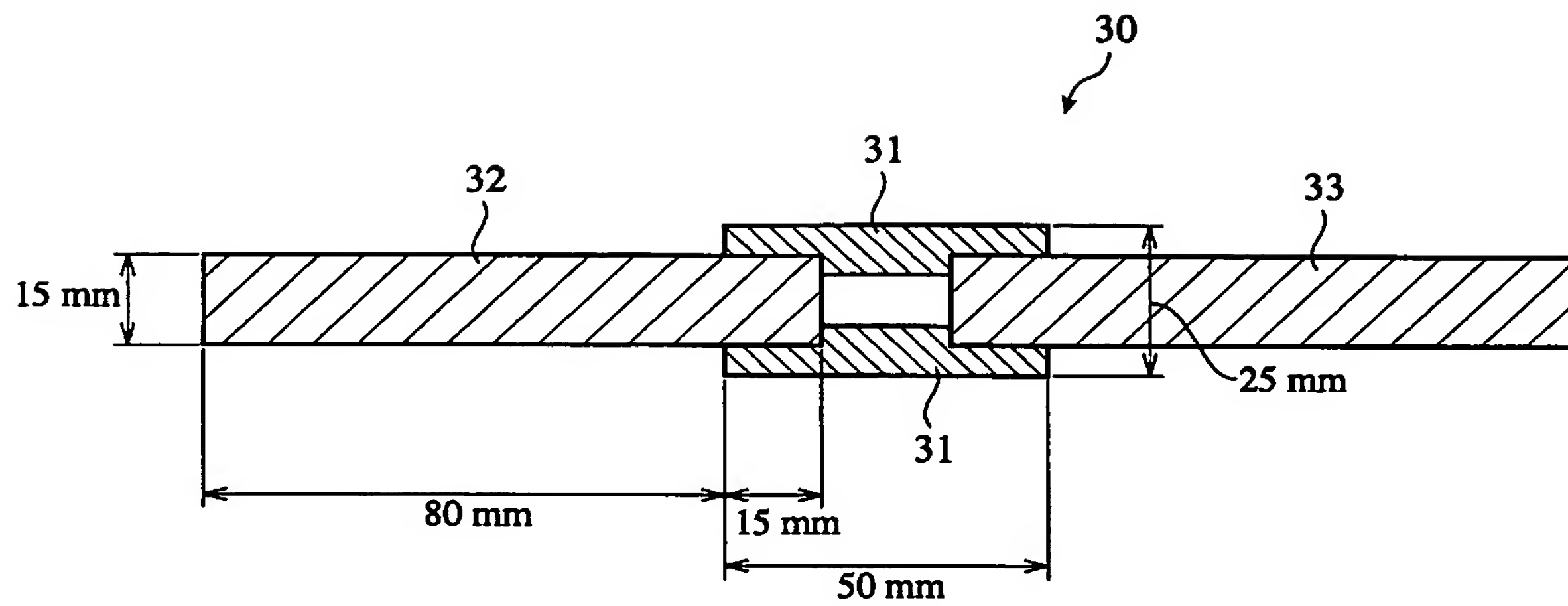
[図4]



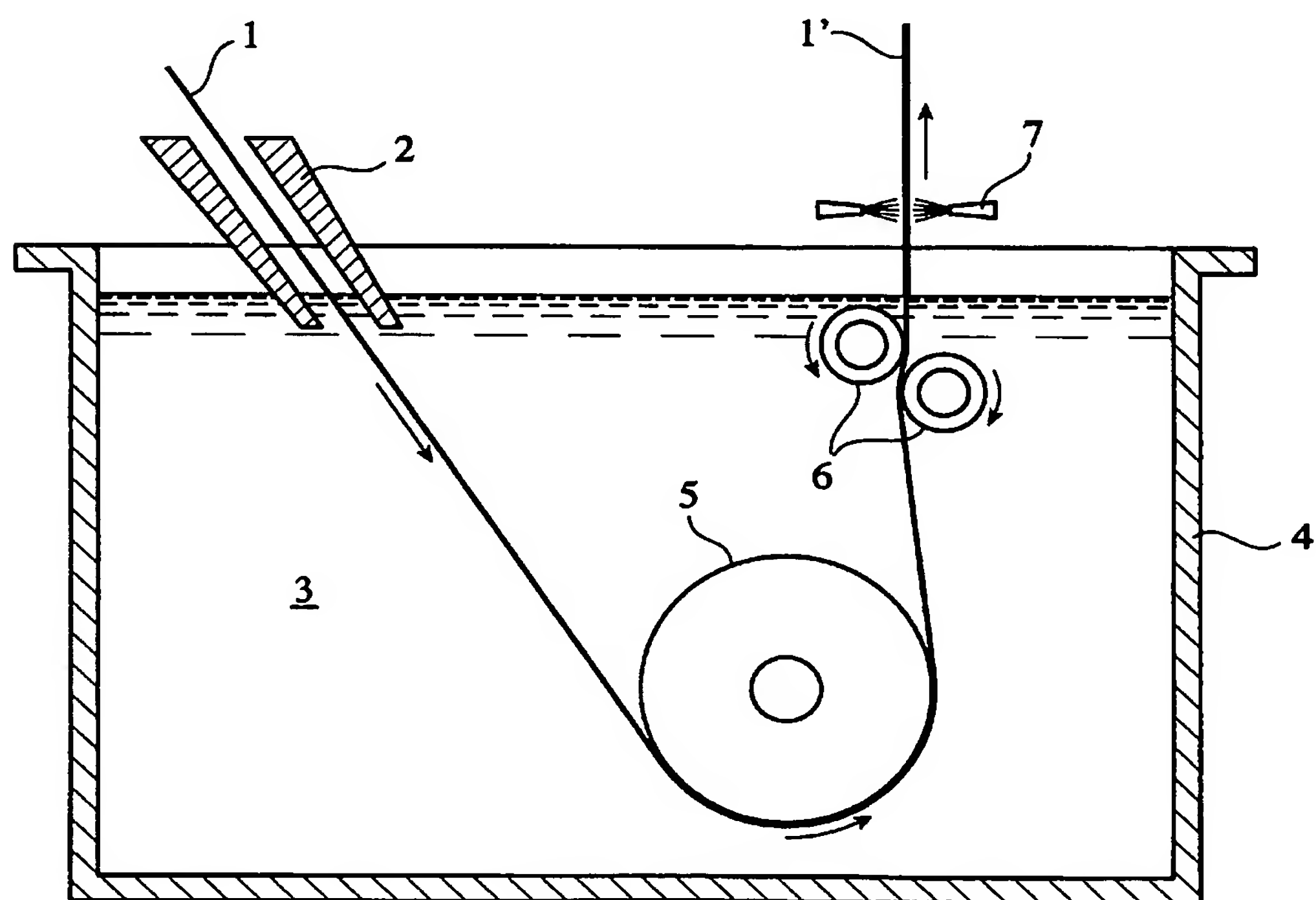
[図5]



[図6]



[图7]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018587

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl<sup>7</sup> C23C2/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C23C2/00-2/40, F16C13/00-15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-161346 A (Hitachi Metals, Ltd.), 04 June, 2002 (04.06.02), Claims; column 5, lines 14 to 24; Fig. 2 (Family: none)	1-12
Y	JP 2001-335368 A (Hitachi Metals, Ltd.), 04 December, 2001 (04.12.01), Claims; column 1, lines 30 to 35; column 4, lines 30 to 47 (Family: none)	1-12
Y	JP 5-195178 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 03 August, 1993 (03.08.93), Claims (Family: none)	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
11 March, 2005 (11.03.05)

Date of mailing of the international search report  
05 April, 2005 (05.04.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018587

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-306441 A (Nippon Steel Corp.), 19 November, 1993 (19.11.93), Claims (Family: none)	1-12
Y	JP 2001-89837 A (Hitachi Metals, Ltd.), 03 April, 2001 (03.04.01), Claims; column 4, line 18 to column 6, line 14; Fig. 2 (Family: none)	1-12

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> C23C 2/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> C23C 2/00-2/40, F16C 13/00-15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2005年

日本国登録実用新案公報 1994-2005年

日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2002-161346 A (日立金属株式会社) 2002. 06. 04, 特許請求の範囲, 第5欄第14-24行, 図2 (ファミ リリーなし)	1-12
Y	JP 2001-335368 A (日立金属株式会社) 2001. 12. 04, 特許請求の範囲, 第1欄30-35行, 第4欄第30 -47行 (ファミリリーなし)	1-12
Y	JP 5-195178 A (住友金属工業株式会社) 1993. 0 8. 03, 特許請求の範囲 (ファミリリーなし)	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリリー文献

国際調査を完了した日

11. 03. 2005

国際調査報告の発送日

05. 4. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小柳 健悟

4E

3134

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 5-306441 A (新日本製鐵株式会社) 1993. 1 1. 19, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12
Y	J P 2001-89837 A (日立金属株式会社) 2001. 0 4. 03, 特許請求の範囲, 第4欄第18行-第6欄第14行, 図 2 (ファミリーなし)	1-12.